

LOS DINOSAURIOS DEL MAASTRICHTIENSE SUPERIOR (CRETÁCICO SUPERIOR) DEL PIRINEO DE HUESCA (ESPAÑA)

J.I. Canudo,^{1,3} N. Lopez Martínez,² y J.I. Ruiz Omeñaca,³

Abstract

Several rich uppermost Maastrichtian sites containing dinosaur bones near Arén and Serraduy (Huesca, Spain) have been discovered. The Arén dinosaur sites include six fossiliferous levels from the top of the Arén Sandstone to the middle part of the Tremp Formation. The Aren levels contain remains of hadrosaurids (one species, at least), one big theropod and three small theropods. The Serraduy dinosaur includes one site from the Tremp Formation with sauropod remains. The discovery of this dinosaur association shows that the dinosaurs survived up to the latest Maastrichtian, at least in Western Europe.

Key words: Dinosaurs, extinction, K/T Boundary, Pyrenees

Resumen

En este trabajo se presentan los yacimientos con dinosaurios de la parte más alta del Maastrichtiense de Huesca. En Arén se han encontrado seis niveles con restos, situados en el techo de la Formación Arenisca de Arén y en la parte media de la Formación Tremp. Se han identificado restos de hadrosáuridos (una o tres especies), un gran terópodo y tres pequeños terópodos. En Serraduy se han encontrado restos de un gran saurópodo en la Formación Tremp. Estos descubrimientos implican que en la parte mas moderna del Maastrichtiense existía una asociación diversificada de dinosaurios, al menos en el oeste de Europa.

Palabras clave: Dinosaurios, extinción, límite Cretácico-Terciario, Pirineos

Introducción

La extinción de los dinosaurios se ha relacionado con un evento catastrófico instantáneo, posiblemente la caída de un asteroide (ver referencias en Archibald, 1996; Fastovsky y Weishampel, 1996). Sin embargo conocemos poco de la diversidad de los dinosaurios con

1 Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza.

2: Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria s/n 28040 Madrid.

3 Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza

anterioridad al límite Cretácico/Terciario (C/T). Únicamente en los clásicos afloramientos del centro de Norteamérica se ha encontrado un registro fósil lo suficientemente abundante para poder abordar este estudio. Sloan *et al.* (1986) sintetizan todos los descubrimientos lo que le permite afirmar que en los dinosaurios existe un proceso de extinción gradual desde siete millones de años antes del límite, proceso que se acelera unos 300.000 años antes del límite. Esta hipótesis ha sido contestada con el argumento de la escasez del registro fósil (ver discusiones en Archibald, 1996; Fastovsky y Weishampel, 1996), por lo que es necesario hacer un esfuerzo en investigar qué sucede con los dinosaurios antes y en el C/T, especialmente fuera de Norteamérica. Esto nos permitirá conocer si tenemos el mismo patrón “gradual” que encuentra Sloan y su equipo.

En otros continentes, los dinosaurios de la parte más alta del Maastrichtiense son escasos o prácticamente inexistentes (Weishampel, 1990). Una de las áreas donde se conocen yacimientos del Maastrichtiense son los Pirineos (ver referencias en López-Martínez *et al.*, en prensa), sin embargo no se habían excavado yacimientos con abundantes restos de dinosaurios. En este trabajo se presentan los estudios preliminares sobre unos ricos niveles fosilíferos encontrados en las inmediaciones de Arén (Huesca), parte de los cuales se publican en López-Martínez *et al.* (en prensa).

En los Pirineos aragoneses aflora una potente secuencia de sedimentos del Maastrichtiense superior - Paleoceno en facies marinas someras y continentales que puede representar un área de gran interés a nivel mundial para conocer el patrón de extinción de los dinosaurios. En los últimos años se está realizando un gran esfuerzo por situar el límite Cretácico-Terciario en los Pirineos, utilizando paleomagnetismo (Galbrun *et al.* 1993), invertebrados, foraminíferos, polen, isótopos etc. (López-Martínez *et al.*, 1998), y conocemos con bastante exactitud el intervalo donde se situaría el límite.

Recientemente se han localizado siete niveles con restos de dinosaurios en los Pirineos de Huesca. Fueron descubiertos por Lluís Ardévol (Geoplay) y F. López Olmedo (INYP-SA). Estos yacimientos se encuentran en los alrededores de Arén (Blasi) y de Serraduy (Fig. 1). La situación exacta de los yacimientos se puede consultar en la Carta Paleontología de Aragón (Departamento de Cultura de la DGA). El material fósil se encuentra depositado en el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza (MPZ). Las siglas de los niveles fosilíferos son Blasi 1, 2A, 2B, 3, 4, 5. Los niveles del 1 al 3 se encuentran en el mismo afloramiento. El 4 y el 5 al oeste, pero claramente correlacionables estratigráficamente. El descubrimiento de Serraduy se encuentra a varios kilómetros al oeste de Blasi, y es el nivel más moderno de la secuencia (Canudo *et al.*, 1999). Todos estos yacimientos se correlacionan con la biozona *Abathomphalus mayaroensis* (López-Martínez *et al.*, en prensa), la última biozona de foraminíferos planctónicos en el Cretácico, que data el Maastrichtiense superior. A continuación hacemos una breve descripción de los yacimientos más interesantes y de algunos de los restos fósiles significativos.

Blasi 1 (Formación Arén): Son arenas blancas sin cementar y con pátinas de óxidos de hierro. Los restos fósiles se encuentran dispersos en un área de varios cientos de metros cuadrados. La mayoría son fragmentarios, aunque hay piezas excepcionales como es un cráneo desarticulado, del cual se han limpiado parcialmente el dentario, el maxilar, el yugal, el surangular y fragmentos de un posible anillo esclerótico.

El dentario tiene 33 filas dentarias distribuidas en una típica batería dental. Cada posición tiene 4 ó 5 dientes sucesivos, que incluye dos dientes funcionales y hasta tres de reemplazamiento. El esmalte es liso y no tienen crenulaciones. En la cara lingual son lanceolados

con la sección subtriangular. Tienen una cresta central bien desarrollada. Los dientes son simétricos respecto al eje central del rombo, pero en la mitad inferior son asimétricos, con la parte anterior más larga. En la cara lingual (que es la que tiene mayor desarrollo), el borde anterior está elevado y se incurva hacia la cresta central. En la cara oclusal el diente tiene forma subtriangular con el vértice labial redondeado.

El maxilar se encuentra parcialmente limpio y se pueden observar los dientes funcionales. Tienen el esmalte liso. Su forma es rectangular o subrectangular en la cara labial, pero se estrechan ligeramente hacia la raíz. La cresta central está muy marcada. Los bordes anterior y posterior están elevados y son similares entre sí, formando un ángulo respecto a la cresta central. Los bordes anterior y posterior están individualizados por el surco que rodea la cresta central. La superficie lingual varía de recta a ligeramente convexa. En la cara oclusal tienen una característica forma de escudo. Los dientes no tienen crenulaciones.

El yugal izquierdo está casi completo (Fig. 2). En el lado rostral está expandido dorsoventralmente. El margen rostral es típicamente convexo y el proceso postorbital es largo. Tiene ligeramente rota la articulación anterior. Esta rotura se produjo en el proceso de extracción, por lo que sabemos que está prácticamente completa

Tanto por la disposición de los dientes formando baterías dentales, como por la presencia de esmalte en sólo una de las caras de la corona incluimos el dentario y el maxilar de Blasi 1 en Hadrosauridae. Aunque está ligeramente rota, la articulación anterior del yugal es claramente redondeada, lo que es un carácter diagnóstico de Lambeosaurinae (Weishampel *et al.*, 1993); sin embargo por el momento se ha preferido identificarlo como Euhadrosauridae indet. (López-Martínez *et al.*, en prensa), mientras no este limpio y estudiado el resto del material. Los caracteres de este cráneo lo diferencian de otros restos de Hadrosauridae encontrados en Europa (Casanovas *et al.*, 1999a, 1999b) por lo que podría ser una nueva especie (López-Martínez *et al.*, en prensa).

Blasi 2b (Formación Arén): Son arcillas grises con abundantes restos de vertebrados, que se encuentran unos cinco metros por encima de Blasi 1. Se han lavado cerca de 5000 kg. de sedimento, en los que se han encontrado peces óseos, anfibios, tres tipos de cocodrilos, lacértidos y dinosaurios (terópodos, hadrosáuridos y saurópodos). Los dinosaurios están representados por dientes aislados y cáscaras de huevo (López-Martínez *et al.*, 1999; López-Martínez *et al.*, en prensa).

Los dientes de terópodos de Blasi 2b son de pequeño tamaño y se caracterizan por su sección elíptica, con compresión lateromedial y curvatura hacia el lado posterior. Se han identificado tres morfologías distintas (Fig. 3).

1) dientes con dentículos distales y sin dentículos mesiales, identificados como Dromaeosauridae indet. 2) Dientes sin dentículos y con crestas longitudinales, que hemos identificado como un “*euronychodontido*”, un grupo de afinidades inciertas. 3) dientes sin dentículos, identificados como Coelurosauria indet., aunque podrían pertenecer al mismo taxón que los de la morfología 1 y 2, ya que desconocemos su variabilidad ontogenética.

En Blasi 2b son abundantes los dientes de reemplazamiento de hadrosáurido. Se pueden identificar dos morfologías distintas. La primera se caracteriza por tener dientes con el esmalte liso; los dientes inferiores, de superficie oclusal subrectangular y con una cresta central muy marcada, varían entre los que tienen elevado solo el borde anterior y los que tienen los dos bordes elevados. Los dientes superiores varían con el desgaste de romboidales a triangulares en la superficie oclusal. El vértice labial esta formado por la cresta central. Los bordes anterior y posterior no están elevados. La segunda morfología son dos dientes de reemplaza-

miento sin desgaste que tienen el esmalte finamente rugoso en toda su superficie. El superior tiene forma rómbica con dos crestas denticuladas, la tercera parece estar perdida por el desgaste. El diente inferior es lanceolado con la cresta central rugosa sin llegar a formar crenulaciones. La parte anterior es más larga que la posterior (20%). El borde anterior está ligeramente elevado, pero menos que la cresta central.

La semejanza de los dientes aislados de Blasi 2b con los del dentario de Blasi 1 nos permiten incluirlos también entre los hadrosaurídeos. La presencia de una carena central bien desarrollada y la ausencia de crestas secundarias permite asignarlos a Euhadrosauria (Weishampel *et al.*, 1993), sin poder precisar más. Morfológicamente son distintos a los del hadrosaurídeo de Blasi 1, pero hay que tener en cuenta que no conocemos la variabilidad ontogenética de estos hadrosaurídeos y podrían pertenecer a la misma especie, a dos o incluso a tres distintas.

En Blasi 2b se han encontrado al menos siete tipos diferentes de cáscaras de huevo. Seis son del tipo ornitoide, que se atribuye a terópodos y a aves, y una séptima es una forma nueva de Megaloolithidae (López Martínez *et al.*, 1999), una oofamilia asociada con los saurópodos.

Blasi 3 (Formación Arén): Es una arenisca calcárea masiva con pistas verticales de crustáceos. En cuanto a los vertebrados, hay restos de cocodrilos, quelonios y dinosaurios terópodos (solo dientes) y ornitópodos. Se han recuperado más de 80 huesos de ornitópodo distribuidos en un área de unos 70 m². Se puede destacar ocho vértebras caudales en conexión anatómica, y 19 vértebras caudales en unos 4 m². También se han encontrado un fragmento de maxilar, un diente, dos vértebras cervicales (al menos), más de cinco vértebras caudales distales, fragmentos de costillas, ilion, sacro, pubis y dos fémures. La mayor parte de este material se encuentra en la matriz, por lo únicamente se han realizado observaciones preliminares sobre algunas de las piezas que están parcialmente preparadas. Aparentemente pertenecen a dos ejemplares, uno grande y otro pequeño.

Del ornitópodo grande se ha restaurado el fémur derecho que está prácticamente completo, faltando la parte más proximal del trocánter mayor y parte de los cóndilos distales, del cuarto trocánter solo se conserva la base. La longitud del fémur es de 73 cm. Es un hueso grácil, largo y casi recto. La cabeza del fémur es semiesférica y se inclina medialmente respecto a la diáfisis. El trocánter menor está situado en una posición anterior respecto al trocánter mayor y es de menor altura que éste, y se encuentra separado por un surco profundo. El cuarto trocánter está situado en la cara posterior del fémur, hacia la mitad de la diáfisis. Por todos estos caracteres se puede incluir este fémur en Hadrosauridae (López-Martínez *et al.*, 1999). En la excavación de 1999 se ha obtenido un pequeño sacro y un pubis de un pequeño ornitópodo, pero por el momento no se puede precisar si es un ejemplar juvenil de la misma especie de Hadrosauridae o es de otra especie distinta y de pequeño tamaño.

En Blasi 3 se han encontrado dos dientes de terópodo que miden más de 2cm y son diferentes a los de Blasi 2b. Uno de ellos presenta una carena posterior con dentículos alargados e inclinados respecto al borde distal y de mayor tamaño que los dentículos de la carena anterior, por lo que se trata de un Dromaeosauridae indet. (quizá un veloraptorino). El otro tiene un contorno subredondeado y las carenas están desplazadas hacia el lado lingual. Las carenas están erosionadas y no se observan los dentículos, por lo que sólo podemos identificarlo como Theropoda indet.

Serraduy (Formación Tresp): El nivel fosilífero son arcillas grises, en las que recientemente se ha encontrado un fragmento proximal de un fémur de saurópodo de gran

tamaño (Fig. 4), identificado como Titanosauridae indet. (Canudo *et al.*, 1999; Canudo *et al.*, este volumen).

Discusión

Los dinosaurios en el Campaniense y el Maastrichtiense inferior de Europa Occidental son relativamente abundantes y bien conocidos. Están representados titanosaurios (saurópodos), ornitópodos como *Rhabdodon* y anquilosaurios (Sanz *et al.*, 1999; Pereda-Suberbiola, 1999; Pereda Suberbiola y Sanz, 1999). Los restos de terópodos son escasos y se citan, además de dromaeosáuridos y “euronychodóntidos”, otros terópodos identificados como abelisaúridos (ver síntesis de Le Loeuff, 1998), aunque esta identificación es puesta en duda por otros autores (Sampson *et al.*, 1998). La situación cambia en el Maastrichtiense superior, en donde los restos de dinosaurios son escasos y fragmentarios y compuestos casi exclusivamente por hadrosáuridos (Le Loeuff 1998; Wellnhofer, 1994; Mulder *et al.*, 1997; Laurent *et al.* 1999; Casanovas *et al.*, 1999b). Se ha interpretado que en el oeste de Europa se produjo un notable cambio faunístico; la mayor abundancia relativa de los titanosaúridos en el Maastrichtiense inferior cambia a la mayor abundancia relativa de los hadrosaúridos en el Maastrichtiense superior desapareciendo los anquilosaurios (Le Loeuff *et al.*, 1994; López Martínez *et al.*, en prensa). Este relevo podría estar relacionado a un cambio climático como consecuencia de una regresión marina que se produjo en Europa durante el Maastrichtiense (Buffetaut y Le Loeuff, 1997). Hay varias citas de anquilosaurios en el Maastrichtiense superior de Francia (por ejemplo Laurent *et al.*, 1999), sin embargo estos restos provienen de yacimientos con *Septorella*, una carofita que desaparece cerca del límite Maastrichtiense inferior-superior como demuestran los estudios magnetoestratigráficos (Galbrun *et al.*, 1993).

Los yacimientos de Blasi y Serraduy en los Pirineos de Huesca muestran que la situación es algo más compleja. En el Maastrichtiense superior se ha encontrado una asociación de dinosaurios compuesta por una especie de saurópodo de gran tamaño, un hadrosaúrido (pero podrían ser tres), además de un terópodo grande y tres pequeños. Esto, en primer lugar, implica que los dinosaurios estaban presentes en el Maastrichtiense superior de los Pirineos (López Martínez *et al.* 1998) y no desaparecen de Europa dos millones de años antes del límite C-T como se había sugerido por algunos autores (Colombo, 1996; Galbrun, 1997). En segundo lugar, documenta una asociación relativamente diversa de dinosaurios al final del Cretácico, compuesta de otros grupos, además de hadrosaúridos. Futuros trabajos nos permitirán conocer si las extinciones de estos dinosaurios se produjeron de manera instantánea en el límite C/T o escalonada, aunque rápida, en los últimos miles de años del Cretácico.

Agradecimientos

Las excavaciones en Arén se han realizado con la ayuda de la sección Paleontológica del IEI y la Universidad del País Vasco. La financiación se ha realizado con el Ayuntamiento de Arén, D. P. H., Departamento de Cultura de la Diputación General de Aragón, la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza (SAMPUZ) y los proyectos PB95-0398 y PB97-1016 DGES. Los comentarios de los dos evaluadores anónimos han mejorado este trabajo.

Referencias

- ARCHIBALD, J. D. 1996. *Dinosaur Extinction and the End of an Era: What the Fossils Say*. Columbia University Press, 237 pp.
- BUFFETAUT, E. y LE LOEUFF, J. 1997. Late Cretaceous dinosaurs from the foothills of the Pyrenees. *Geology Today*, 13(2), 60-68.
- CANUDO, J.I., CUENCA-BESCÓS, G., ARDÉVOL, L. y LOPEZ-MARTÍNEZ, N. 1999. The youngest sauropod of western Europe. *IV European workshop on vertebrate Paleontology*. Albarracín, 30-31.
- CANUDO J.I., BARCO, J.L., ROYO-TORRES, R. y RUIZ-OMENACA, J.I. este volumen. Los saurópodos (Dinosauria) del Tithónico (Jurásico Superior) y del Cretácico de Aragón.
- CASANOVAS, M.L., PEREDA SUBERBIOLA, X., SANTAFÉ, J.V. y WEISHAMPEL, D. B.1999a. First lambeosaurine hadrosaurid from Europe: palaeobiogeographical implications. *Geol. Mag.*, 136(2), 205-211.
- CASANOVAS, M.L., PEREDA SUBERBIOLA, X., SANTAFÉ, J.V. y WEISHAMPEL, D. B.1999b. A primitive euhadrosarian dinosaur from the uppermost Cretaceous of the Ager syncline (southern Pyrenees, Catalonia). *Geologie en Mijnbouw*, 78, 345-356.
- COLOMBO, F. 1996. Stratigraphic and sedimentary characteristics of the Cretaceous-Tertiary boundary in the Ager basin, Lleida province, Spain. In: *Cretaceous-Tertiary mass extinctions. Biotic and environmental changes*. N. McLeod y G. Keller (eds.), W.W. Norton and Co., 399-413.
- FASTOVSKY, D. E. y WEISHAMPEL, D. B.1996. *The evolution and extinction of the dinosaurs*. Cambridge University Press, 461 pp.
- GALBRUN, B. 1997. Did the European dinosaurs disappear before the K-T event? Magnetostratigraphic evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 148, 569-579.
- GALBRUN, B., FEIST, M., COLOMBO, F., ROCCHIA, R. y TAMBAREAU, Y. 1993. Magnetostratigraphy and biostratigraphy of Cretaceous-Tertiary continental deposits, Ager basin, province of Lerida, Spain. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 102, 41-52.
- LAURENT, Y., CAVIN, L. y BILOTTE, M. 1999. Découverte d'un gisement à vertébrés dans le Maastrichtien supérieur des Petites-Pyrénées. *C.R. Acad. Sci. Paris*, serie II, 328, 781-787.
- LE LOEUFF, J. 1998. Les Dinosaures du Crétacé supérieur de l'île ibéro-armoricane, *Ist International Meeting on Dinosaur Paleobiology*. Lisboa, 49-64.
- LE LOEUFF, J., BUFFETAUT, E. y MARTIN, M. 1994. The last stages of dinosaur faunal history in Europe: a succession of Maastrichtian dinosaur assemblages from the Corbières (southern France). *Geol. Mag.*, 131(5), 625-630.
- LOPEZ-MARTÍNEZ, N., ARDÉVOL, L., ARRIBAS, M.E., CIVIS, J. y GONZALEZ-DELGADO, A. 1998. The geological record in non-marine environments around the K/T boundary (Trempe Formation, Spain). *Bull. Soc. géol. France*, 169(1), 11-20.

- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., CANUDO, J.I., ARDÉVOL, L., PEREDA SUBERBIOLA, X., ORUE-ETXEBARRÍA, X., RUIZ OMEÑACA, J. I. y MURELAGA, X. (en prensa), New dinosaur localities near the Cretaceous/Tertiary boundary (Arén, southcentral Pyrenees, Spain). *Cretaceous Research*.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., CANUDO, J. I. y CUENCA, G. 1999. Latest Cretaceous eggshells from Arén (Southern Pyrenees, Spain). *First International Symposium on dinosaur eggs and babies*. Isona, (en prensa).
- MULDER, E.S., KUYPERS, M.M.M., JAGT, J.W.M. y PEETERS, H.H.G. 1997. A new late Maastrichtian hadrosaurid dinosaur record from northeast Belgium. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1997. (6), 339-347.
- PEREDA-SUBERBIOLA, X. 1999. Ankylosaurian dinosaur remains from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula). *Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava*, 14 (Núm. Espec. 1), 273-288.
- PEREDA-SUBERBIOLA, X. y SANZ, J.L. 1999. The ornithomimid dinosaur *Rhabdodon* from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula). *Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava*, 14 (Núm. Espec. 1), 257-272.
- SAMPSON, S.D., WITMER, L.M., FORSTER, C.A., KRAUSE, D.W., O'CONNOR, P.M., DODSON, P. y RAVOAVY, F. 1998. Predatory dinosaur remains from Madagascar: Implications for the Cretaceous biogeography of Gondwana. *Science*, 280, 1048-1051.
- SANZ, J.L., POWELL, J.E., LE LOEUFF, J., MARTÍNEZ, R. y PEREDA-SUBERBIOLA, X. 1999. Sauropod remains from the Upper Cretaceous of Laño (Northcentral Spain). Titanosaur phylogenetic relationships. *Est. Mus. Cienc. Nat. de Alava*, 14 (Núm. Espec. 1), 235-255.
- SLOAN, R. R., RIGBY, J. K. JR., VAN VALEN, L. M. y GABRIEL, D. 1986. Gradual dinosaur extinction and simultaneous ungulate radiation in the Hell Creek Formation. *Science*, 232, 629-633.
- WEISHAMPEL, D. B. 1990. Dinosaurian Distribution. In: *The Dinosauria*. D.B. Weishampel, P. Dodson, H. Osmólska (Eds.). University of California Press, 63-140.
- WEISHAMPEL, D.B., NORMAN, D.B. y GRIGORESCU, D. 1993. *Telmatosaurus transylvanicus* from the Late Cretaceous of Romania: the most basal hadrosaurid dinosaur. *Palaeontology*, 36, 361-385.
- WELLNHOFER, V. P. 1994. Ein Dinosaurier (Hadrosauridae) aus der Oberkreide (Maastricht, Hervetikum-Zone) des bayerischen Alpenvorlandes. *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.*, 34, 221-238.

LEYENDA DE LAS FIGURAS

Figura 1: Situación geográfica y geológica de los yacimientos de Blasi y Serraduy (Maastrichtiense superior, Huesca). Redibujado de López-Martínez *et al.*, en prensa.

Figura 2: Contorno en vista lateral del yugal izquierdo (MPZ - 99/667) de Euhadrosauridae indet. de Blasi 1. Formación Arenisca de Arén. Maastrichtiense superior (Arén, Huesca).

Figura 3: Dientes de terópodo de Blasi 3 (Maastrichtiense superior. Formación Arenisca de Arén). A: Dromaeosauridae indet. (MPZ 98/72), con detalle de los denticulos. B: cf. *Euronychodon* sp. (MPZ 98/76). C: cf. *Euronychodon* sp. (MPZ 98/77). D: Coelurosauria indet. (MPZ 98/72). Tomado de López Martínez *et al.*, en prensa.

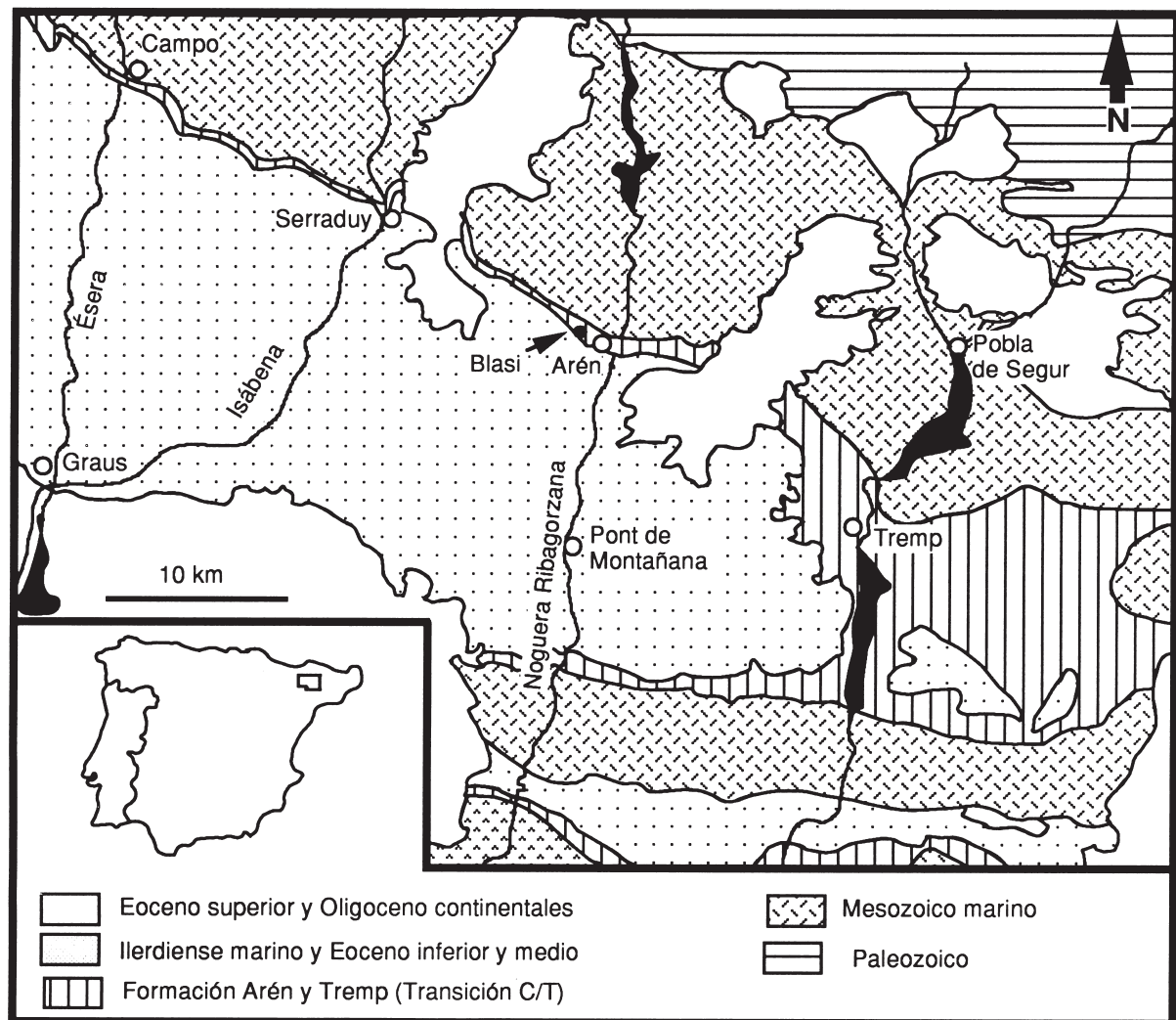


Fig. 1

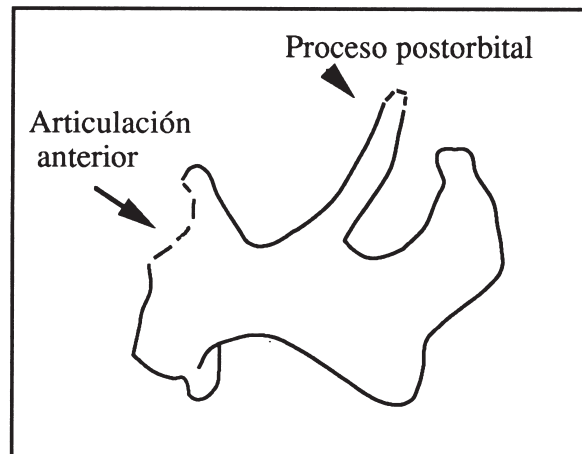


Fig. 2

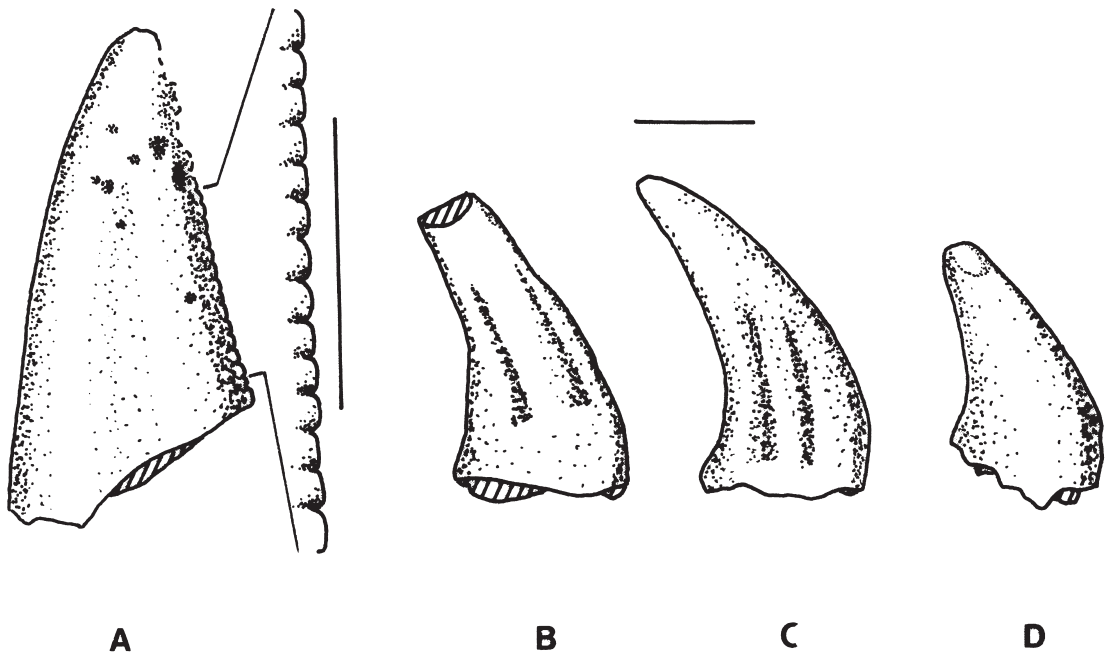


Fig. 3